

Министерство энергетики и электрификации Украины

ГСТУ 34.011-96

ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ УКРАИНЫ

ВОДЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Метод определения содержания железа

Соответствует официальному тексту

УНПО "Энергопрогресс"

Предисловие

- | | |
|-------------------|--|
| 1 РАЗРАБОТАН | АО "ЛьвовОРГРЭС" |
| 2 ВНЕСЕН | НИИЭнергетики УНПО "Энергопрогресс" |
| 3 ИСПОЛНИТЕЛИ | Л. М. Ковалева, О. Г. Джигирей,
Т. И. Реукова |
| 4 УТВЕРЖДЕН | Министерством энергетики и электрификации Украины |
| 5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН | Украинским научно-исследовательским институтом стандартизации, сертификации и информатики Госстандарта Украины
N 804/200096 от 02 августа 1996 г. |
| 6 СРОК ПРОВЕРКИ | 2001. |
| 7 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ | |
-

Этот стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения НИИЭнергетики УНПО "Энергопрогресс"

© НИИЭнергетики УНПО "Энергопрогресс"

Содержание

С.

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Аппараты, материалы, реактивы	3
4 Подготовка к анализу	4
4.1 Подготовка посуды	4
4.2 Отбор и подготовка пробы	5
5 Сульфосалициловый метод определения содержания железа...	6
5.1 Сущность метода	6
5.2 Приготовление рабочих растворов реактивов.....	7
5.3 Приготовление основного и стандартного растворов....	7
5.4 Построение расчетного графика	9
5.5 Выполнение определения	11
5.6 Обработка результатов	12
6 Ортофенантролиновый метод определения содержания железа. 12	
6.1 Сущность метода	12
6.2 Приготовление рабочих растворов реактивов	13
6.3 Построение расчетного графика	14
6.4 Выполнение определения	15
7 Определение содержания железа в присутствии органи-	
ческих веществ	16
7.1 Отбор и подготовка пробы	16
7.2 Выполнение определения	16

ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ УКРАИНЫ

ВОДЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Метод определения содержания железа

ВОДИ ВИРОБНИЧІ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Метод визначення вмісту заліза

Дата введения 1996-07-01

1 Область применения

Данный стандарт устанавливает методы определения содержания железа в производственных водах тепловых электростанций.

Стандарт распространяется на воды исходные, известкованно-коагулированные, обессоленные методом ионного обмена или термическим способом, химочищенные, питательные, котловые, циркуляционные, теплофикационные, конденсаты и дистилляты испарителей.

2 Нормативные ссылки

В данном стандарте имеются следующие ссылки:

ГОСТ 1770-74 Е Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Технические условия;

ГОСТ 3118-77 Кислота соляная. Технические условия;

ГОСТ 3760-79 Аммиак водный. Технические условия;

ГОСТ 4168-79 Натрий азотнокислый. Технические условия;

ГОСТ 4204-77 Кислота серная. Технические условия;

ГОСТ 4208-72 Соль закиси железа и аммония двойная сернокислая (соль Мора). Технические условия;

ГОСТ 4217-77 Калий азотнокислый. Технические условия;

ГОСТ 4478-78 Кислота сульфосалициловая 2-водная. Технические условия;

ГОСТ 5456-79 Гидроксилamina гидрохлорид. Технические условия;

ГОСТ 6709-72 Вода дистиллированная. Технические условия;

ГОСТ 7298-79 Гидроксилamin сернокислый. Технические условия;

ГОСТ 20478-75 Аммоний надсернокислый. Технические условия;

ГОСТ 22867-77 Аммоний азотнокислый. Технические условия;

ГОСТ 25336-82 Е Посуда и оборудование лабораторные стеклянные. Типы, основные параметры и размеры;

ГОСТ 29169-91 Посуда лабораторная стеклянная. Пипетки с одной отметкой;

ГОСТ 29228-91 Посуда лабораторная стеклянная. Пипетки градуированные. Часть 2. Пипетки градуированные без установленного времени ожидания;

ГОСТ 29252-91 Посуда лабораторная стеклянная. Бюретки. Часть 2. Бюретки без времени ожидания;

ГСТУ 34.004-96 Воды производственные тепловых электростанций. Метод отбора проб;

ГСТУ 34.005-96 Воды производственные тепловых электростанций. Метод приготовления очищенной воды;

ТУ 6-09-2540-87 Стандарт-титры (фиксаналы, нормалозы :

ТУ 6-09-3107-88 Набор реактивов для определения жесткости воды.

3 Аппараты, материалы, реактивы

Фотоколориметр типа КМК-2 или аналогичный с набором кювет, имеющих толщину слоя колориметрирования до 50 мм и набором светофильтров или спектрофотометр.

Весы лабораторные общего назначения 1 и 2 классов точности с наибольшим пределом взвешивания - 200 г и погрешностей - не более чем 0,2 мг или другие весы аналогичной точности.

Колбы мерные вместимостью 50, 250, 500 и 1000 см³ - по ГОСТ 1770.

Колбы конические с пришлифованными пробками и без пробок вместимостью 200 - 250 см³ - по ГОСТ 25336.

Стаканы химические вместимостью 100, 250, 500 и 1000 см³ - по ГОСТ 25336.

Склянки с пришлифованными пробками и без пробок вместимостью 0,5, 1,0, 2,0, и 5,0 дм³ - по ГОСТ 25336.

Пипетки с одной отметкой на 1, 2, 5, 10, 20, 25, 50 и 100 см³ - по ГОСТ 29169.

Пипетки градуированные без установленного времени ожидания на 1, 2, 5, 10 см³ - по ГОСТ 29228.

Бюретки для титрования вместимостью 25 см³ - по ГОСТ 29232.

Палочки и бусинки стеклянные разных размеров.

Аммиак водный, химически чистый - по ГОСТ 3760.

Аммоний азотнокислый, химически чистый - по ГОСТ 22867.

Аммоний надсернокислый (персульфат аммония), химически чистый - по ГОСТ 20478.

Гидроксиламин гидрохлорид, гидроксиламин солянокислый - по ГОСТ 5456.

Гидроксиламин сернокислый - по ГОСТ 7298.

Калий азотнокислый, химически чистый - по ГОСТ 4217.

Кислота соляная, химически чистая - по ГОСТ 3118.

Кислота серная, химически чистая - по ГОСТ 4204.

Кислота сульфосалициловая, чистая для анализа - по ГОСТ 4478.

Соль закиси железа и аммония двойная сернокислая (соль Морра), химически чистая - по ГОСТ 4208.

Натрий азотнокислый, химически чистый - по ГОСТ 4168.

Ортофенантролин основание или солянокислая соль.

Трилон Б фиксанал - по ТУ 6-09-2540 или ТУ 6-09-3107.

Вода дистиллированная - по ГОСТ 6709.

Вода очищенная - по ГСТУ 34.005-96.

Бумага индикаторная "конго - рот".

4 Подготовка к анализу

4.1 Подготовка посуды

4.1.1 Чистые стаканы, в которых должны выпариваться пробы, необходимо предварительно залить раствором соляной кислоты раз-

веденной очищенной водой в объемном соотношении 1:1. подогреть до кипения и протереть стенки стаканов стеклянной палочкой с резиновым наконечником. Потом слить раствор кислоты и ополоснуть стаканы очищенной водой, проверить их на чистоту. Для этого в каждом из этих стаканов выпаривают по 25 см³ очищенной воды, с добавлением 5 см³ концентрированной соляной кислоты. Упаривание ведут до остаточного объема жидкости 7-10 см³ (не досуха) и определяют содержание железа в этой жидкости согласно 5.5 или 6.4.

Если полученное содержание железа не превышает содержания его в очищенной воде или контрольной пробе, то стакан считается пригодным для выполнения анализа. В ином случае необходимо повторить обработку стакана горячей соляной кислотой и снова проверить его на чистоту. Обработку стаканов кислотой необходимо выполнять перед каждым упариванием проб.

4.2 Отбор и подготовка пробы

4.2.1 Отбор проб выполнять по ГСТУ 34.004-96.

4.2.2 На анализ идет весь объем пробы, поэтому пробу отбирают сразу в предварительно оттарированные стаканы. Объем пробы зависит от ожидаемой концентрации железа. Желательно, чтобы содержание железа в пробе было не меньше чем 2,5 мкг и не больше чем 20 мкг. Но не рекомендуется отбирать более 250 см³ пробы, так как при дальнейшем упаривании больших объемов пробы возникает опасность значительного загрязнения ее.

4.2.3 В отобранную пробу добавляют 5 см³ концентрированной соляной кислоты и осторожно упаривают до объема 7-10 см³. Необ-

ходимо следить за тем, чтобы не упарить пробу досуха.

4.2.4 Пробы воды, которые могут содержать в себе комплексообразователи - трилон, оксиэтилидендифосфоновую кислоту (ОЭДФ) и другие органические вещества, которые образуют с ионами железа прочные соединения, необходимо обработать для разрушения этих соединений. С этой целью при подготовке пробы к анализу вместо соляной кислоты в пробу вводят 5 см³ концентрированной серной кислоты. Упаривание пробы ведут до выделения густых белых паров серной кислоты (отдымливания). Далее, не прекращая нагревания, в жидкость всыпают 0,2 г кристаллического азотнокислого натрия или калия. При этом темноокрашенный раствор должен осветлиться. Если проба не осветлилась, необходимо добавить еще 0,2 г азотнокислого натрия или калия. Потом пробу охлаждают до комнатной температуры, осторожно добавляют 10-15 см³ очищенной воды и кипятят 3-4 мин для удаления окислов азота. После охлаждения пробу количественно переносят в мерную колбу вместимостью 50 см³.

Стенки стакана тщательно обмывают очищенной водой, сливая ее в ту же колбу. Общий объем в колбе не должен превышать 30 см³.

5 Сульфосалициловый метод определения содержания железа

5.1 Сущность метода

Сущность метода состоит во взаимодействии растворенного железа с сульфосалициловой кислотой и измерении оптической плотности образовавшихся при этом окрашенных растворов. Чувствительность метода - 0,5 мкг в пробе.

5.2 Приготовление рабочих растворов реактивов

5.2.1 Для приготовления растворов реактивов, разведения проб и стандартных растворов используют катионированную или обессоленную воду, полученную по ГСТУ 34.005-96. Далее она называется "очищенной водой".

5.2.2 Раствор сульфосалициловой кислоты 30-процентной, или натрия сульфосалициловокислого насыщенный раствор. Растворяют 30 г сульфосалициловой кислоты в 70 см³ очищенной воды. Раствор сохраняют в стеклянной посуде с пришлифованной пробкой, срок хранения неограничен.

5.2.3 Водный раствор аммиака 10-процентный. Разбавляют 450 см³ 25-процентного раствора аммиака очищенной водой до 1 дм³. Раствор сохраняют в полиэтиленовой, хорошо закрывающейся, посуде, срок хранения неограничен.

5.2.4 Трилон Б 0,05 М раствор готовят из фиксанала.

5.3 Приготовление основного и стандартного растворов

5.3.1 Стандартный раствор железа готовят из двойной серно-кислой соли закиси железа и аммония (соли Мора). Сначала готовят основной раствор, содержащий 100 мг/дм³ Fe.

Для этого в мерную колбу вместимостью 1 дм³ вносят 0,702 г соли Мора, вливают 3-5 см³ концентрированной серной кислоты, 200-250 см³ очищенной воды и перемешивают до полного растворения соли. Затем объем жидкости в колбе доводят очищенной водой до метки и тщательно перемешивают раствор.

Титр основного раствора устанавливают трилометрическим методом. В коническую колбу вместимостью 250 см³ отбирают 100 см³ приготовленного основного раствора, нагревают его до 80-85 °С, всыпают 0,2 г надсернистого аммония или натрия (персульфата аммония или натрия), перемешивают до полного растворения кристаллов, добавляют 0,5 см³ раствора сульфосалициловой кислоты или сульфосалицилата натрия и титруют горячую, окрашенную в винно-красный цвет, жидкость 0,05 М раствором трилона Б. Титрование ведут медленно, хорошо перемешивая жидкость, до полного исчезновения розовой окраски и перехода ее в желтую.

Для установления титра выполняют не менее трех параллельных определений, расхождения между результатами титрования не должны превышать 2%.

Концентрацию железа Fe в миллиграммах на дециметр кубический основного раствора вычисляют по формуле:

$$\begin{aligned} \text{Fe} &= \frac{a \cdot M \cdot K \cdot 55,85 \cdot 1000}{V} = \\ &= \frac{a \cdot 0,05 \cdot K \cdot 55,85 \cdot 1000}{100} = 27,925 \cdot a \cdot K, \quad (1) \end{aligned}$$

где a - расход раствора трилона Б на титрование, т.е. среднее арифметическое из результатов нескольких определений, см³;

M - номинальная молярность раствора трилона Б, $M = 0,05$;

K - поправочный коэффициент к номинальной молярности,

если раствор трилона Б готовился из фиксанала,

то $K = 1$;

55,35 - молекулярная масса железа (Fe);

V - объем основного раствора, взятый для определения титра, см³;

1000 - пересчет в дециметры кубические.

Основной раствор устойчив и должен сохраняться в склянке с притертой пробкой. Срок хранения неограничен.

5.3.2 Для приготовления стандартного рабочего раствора, содержащего 1 мг/дм³ железа в мерную колбу вместимостью 1 дм³, отбирают такой объем основного раствора, чтобы он содержал 1 мг Fe. Этот объем X в сантиметрах кубических вычисляется по формуле:

$$X = \frac{1000}{Fe}, \quad (2)$$

где Fe - концентрация железа основного стандартного раствора, мг/дм³.

Потом добавляют 10 см³ раствора серной кислоты 0,1 н. Доливают до метки очищенной водой и тщательно перемешивают. Этот стандартный раствор пригоден для пользования лишь в день приготовления.

5.4 Построение расчетного графика

5.4.1 В несколько мерных колб вместимостью по 50 см³ вводят различные объемы стандартного рабочего раствора концентрацией 1 мг/дм³ Fe (например: 1, 2, 3, 5, 10, 15 и 20 см³, что соответствует 1, 2, 3, 5, 10, 15 и 20 мкг Fe в пробе), добавляют по 5 см³ концентрированной соляной кислоты и доводят объем в каждой колбе очищенной водой до 30 см³. Далее в каждую колбу доливают по

0,5 см³ раствора сульфосалициловой кислоты, тщательно перемешивают, добавляют по 15 см³ 10-процентного раствора аммиака, доводят очищенной водой до метки и снова перемешивают. Полученные окрашенные в желтый цвет растворы колориметрируют на фотоколориметре со светофильтром, имеющим область светопропускания 440 нм в кювете 50 мм, определяя их оптическую плотность A . Раствором сравнения служит очищенная вода без реактивов.

Одновременно готовят 3-4 контрольных раствора тех же реактивов, но без добавления стандартного раствора железа, измеряют их оптическую плотность A_k на фотоколориметре. Для сравнения используют тоже очищенную воду без реактивов. Из полученных результатов вычисляют среднее арифметическое значение A_k .

5.4.2 По результатам измерений строят график, откладывая по оси абсцисс содержание железа в пробе, а по оси ординат - соответствующую оптическую плотность A за минусом контрольного значения A_k , т.е. величину $A - A_k$. По точкам проводят прямую методом наименьших квадратов.

Допускается вычисление результатов с помощью множителя, который является средним арифметическим значением с величин, определенных по формуле:

$$\frac{C}{A - A_k} \quad (3)$$

где C - количество железа в пробе, мкг;

A - соответствующая этому количеству оптическая плотность;

A_k - среднее арифметическое значение оптической плотности контрольных растворов.

Допускается также при измерении оптической плотности для сравнения использовать контрольный раствор (очищенную воду со всеми реактивами без добавления стандартного раствора). В этом случае A_k не определяется и не отнимается от A , так как это выполняет сам прибор.

5.5 Выполнение определения

5.5.1 Отобранную и упаренную согласно 4.2 пробу количественно переносят в мерную колбу вместимостью 50 см³, тщательно обмывают стенки стакана очищенной водой. Этой же водой доводят объем жидкости в колбе до 30 см³ и доливают 0,5 см³ раствора сульфосалициловой кислоты, перемешивают, вливают 15 см³ 10-процентного раствора аммиака, доливают очищенной водой до метки и опять тщательно перемешивают. Если на нейтрализацию кислоты затрачивается такое количество 10-процентного аммиака, что общий объем жидкости превышает 50 см³, то нейтрализацию целесообразно выполнять 25-процентным раствором аммиака, осторожно по каплям.

Оптическую плотность пробы A_n измеряют на фотоколориметре со светофильтром областью светопропускания 440 нм в кювете 50 мм. Для сравнения используют очищенную воду.

Допускается для сравнения использовать контрольную пробу (очищенную воду со всеми реактивами, но без добавления стандартного раствора и без упаривания). В этом случае A_k не определяется и не отнимается от A_n , это выполняет сам прибор.

5.6 Обработка результатов

5.6.1 Содержание железа в анализируемой пробе находят по расчетному графику.

Концентрация железа Fe в микрограммах на дециметр кубический вычисляется по формуле:

$$Fe = \frac{C_n \cdot 1000}{V}, \quad (4)$$

где C_n - содержание железа в отобранном объеме пробы, найденное по расчетному графику, мкг;

V - объем пробы, отобранный для анализа, см³;

1000 - пересчет в дециметры кубические.

5.6.2 Допустимые погрешности результатов определения содержания железа с доверительной вероятностью $P=0.95$ указаны в таблице 1.

Таблица 1

Содержание железа в пробе, мкг	0,2-0,5	0,5-1,0	1,0-2,0	2,0-5,0
Погрешность определения, %	20-10	10-5	5-3	3-2

6 Ортофенантролиновый метод определения содержания железа

6.1 Сущность метода

Содержание железа определяется колориметрическим методом с ортофенантролином. Сущность метода состоит во взаимодействии ио-

нов двухвалентного железа с ортофенантролином с образованием комплексного соединения, окрашенного в оранжево-красный цвет. Для определения общего содержания трехвалентное железо восстанавливается до двухвалентного гидроксиламином. Чувствительность метода 0,2 мкг железа в пробе.

6.2 Приготовление рабочих растворов реактивов

6.2.1 Для приготовления растворов реактивов, разведения проб и стандартных растворов используется катионированная или обессоленная вода, полученная по ГСТУ 34.005-96. Далее она называется "очищенная вода".

6.2.2 Ортофенантролин 0,1-процентный водный раствор. Растворяют 0,1г реактива в 100 см³ очищенной воды, подкисленной 1см³ концентрированной соляной кислоты. Раствор сохраняют в посуде из темного стекла с притертой пробкой, он устойчив на протяжении месяца. При сохранении раствора в холодном месте срок его пригодности увеличивается.

6.2.3 Раствор гидроксиламина 10-процентный. Растворяют 10 г сернокислого гидраксиламина (или 9 г солянокислого гидроксиламина) в 90 см³ очищенной воды. Если раствор мутный, то его фильтруют.

Раствор сохраняют в сосуде темного стекла с пришлифованной пробкой. Срок хранения не более 14 суток.

6.2.4 Сульфосалициловая кислота 30-процентный раствор или натрий сульфосалициловокислый насыщенный раствор, приготовленные согласно 5.2.2.

6.2.5 Трилон Б 0.05 М раствор (из фиксанала).

6.2.6 Стандартные растворы железа. - содержащие 100 мг/дм³ и 1 мг/дм³ Fe, приготовленные согласно 5.3.

6.3 Построение расчетного графика

6.3.1 В ряд мерных колб вместимостью 50 см³ вводят различные объемы стандартного раствора железа, концентрацией 1 мг/дм³ (например: 1, 2, 3, 5, 10, 15 и 20 см³, что соответствует 1, 2, 3, 5, 10, 15 и 20 мкг Fe в пробе). Объем жидкости в каждой колбе доводят очищенной водой до 30 см³.

В каждую колбу вводят по 5 см³ концентрированной соляной кислоты, по 1 см³ раствора гидроксизина и по 2,5 см³ раствора ортофенантролина, жидкость перемешивают после добавления каждого реактива. Затем раствор нейтрализуют 10-процентным аммиаком до изменения цвета индикаторной бумаги "конго-рот" в чисто розовый (приблизительно pH 4). Доводят объем жидкости в колбе до метки очищенной водой, тщательно перемешивают и колориметрируют окрашенные растворы со светофильтром областью светопропускания 522 нм, определяя их оптическую плотность A_n . Для сравнения используют очищенную воду.

Одновременно готовят 3-4 контрольных раствора тех же реактивов, но без добавления стандартного раствора железа. Оптическую плотность всех контрольных растворов измеряют тоже со светофильтром с областью светопропускания 522 нм и в тех же кюветах, используя для сравнения очищенную воду. Из полученных при колориметрировании результатов вычисляют среднее арифметическое зна-

чение A_k для контрольных растворов.

6.3.2 По результатам измерений строят расчетный график аналогично 5.4.2.

Допускается вычисление результатов с помощью множителя, который является средним арифметическим значением с величин, определенных по формуле (3).

Допускается также при измерении оптической плотности для сравнения использовать контрольный раствор (очищенную воду со всеми реактивами без добавления стандартного раствора). В этом случае A_k не определяется и не отнимается от A , так как это выполняет сам прибор.

6.4 Выполнение определения

6.4.1 Перед выполнением анализа пробу необходимо подготовить согласно 4.2.

6.4.2 Упаренную пробу количественно переносят в мерную колбу вместимостью 50 см³, тщательно обмывая стенки стакана очищенной водой, сливая ее в ту же колбу. Этой же водой доводят объем жидкости в колбе до 30 см³, вводят в колбу 1 см³ раствора гидроксидламина и 2,5 см³ раствора ортофосфатнолинина, тщательно перемешивая содержимое колбы после добавления каждого реактива. Потом нейтрализуют жидкость 10-процентным раствором аммиака до изменения цвета индикаторной бумаги "конго" в чисто розовый. Доливают колбу до метки очищенной водой, перемешивают и колориметрируют окрашенный раствор со светофильтром областью светопропускания 522 нм, определяя оптическую плотность A_n . Раствором сравне-

ния служит очищенная вода без реактивов. Одновременно готовят контрольные растворы согласно 6.3.

Допускается, в качестве раствора сравнения, использовать очищенную воду со всеми реактивами, но без добавления стандартного раствора и без упаривания. В этом случае A_x не определяется и не отнимается от A_n , так как это выполняет сам прибор.

6.4.3 Содержание железа в анализируемом объеме пробы находят по расчетному графику. Концентрацию железа Fe в микрограммах на дециметр кубический вычисляют по формуле (4).

7 Определение содержания железа в присутствии органических веществ

Содержание железа в водах, содержащих органические вещества (природная и котловая воды, конденсаты, возвращаемые с производств), определяют одним из колориметрических методов сульфосалициловым или ортофенантролиновым после предварительного разрушения органических веществ.

7.1 Отбор и подготовка пробы

Отбор и подготовка пробы выполняются согласно 4.2.2 и 4.2.4.

7.2 Выполнение определения

7.2.1 Подготовленную согласно 4.2.2 и 4.2.4 пробу количественно переносят в мерную колбу вместимостью 50 см³, обмывая

стенки стакана очищенной водой и доводя объем жидкости в колбе до 30 см³. В колбу вводят реактивы согласно 5.5.1 или 6.4.2, но раствор аммиака вводят не 10-процентный, а 25-процентный, осторожно по каплям.

Окрашенную жидкость колориметрируют с соответствующим светофильтром. Контрольные растворы или раствор сравнения готовят таким образом: к 10 см³ очищенной воды добавляют 5 см³ концентрированной серной кислоты, жидкость упаривают до появления белого дыма и прибавляют окислитель в том же количестве, что и в пробу. Жидкость охлаждают, разбавляют очищенной водой, количественно переносят в мерную колбу вместимостью 50 см³, добавляют все реактивы в соответствии с 5.5.1 или 6.4.2, но раствор аммиака вводят 25-процентный.

Для вычисления результатов используют соответствующий расчетный график и формулу (4), аналогично 5.6.

ГСТУ 34.011-96

УДК 621.311.22: 621.187

Н 09

13.060.40

Ключевые слова: тепловые электростанции, воды производственные, железо, колориметрируют, светофильтр.